

贵州松桃高地超大型锰矿深孔钻探工程难点与对策研究

班金彭¹, 宋继伟², 沈红钱³, 彭坤¹

- 贵州省地矿局 115 地质大队, 贵州 贵阳 551400;
- 贵州省地矿局 112 地质大队, 贵州 安顺 561000;
- 贵州省地矿局 103 地质大队, 贵州 铜仁 554300)

[摘要] 随着地质矿产勘查不断深入, 深孔钻探通常会遇到多套复杂地层, 由于在勘探阶段对钻孔质量要求较高, 施工难度剧增。本文针对贵州省松桃县高地锰矿勘探阶段钻探施工出现的难题, 通过采取“一基两孔”布孔和施工技术、水泥封孔护壁技术、钻孔结构优化防垮塌埋钻技术、多措并举防孔斜技术、钻井液循环困难处理技术、钻杆脱扣处理措施、套管理钻处理技术等技术的联合使用, 在勘查区后续钻孔施工过程中取得了理想的效果, 研究总结形成了一套较为完整的锰矿勘探阶段深孔钻探技术体系, 为今后类似工程提供借鉴作用。

[关键词] 勘探阶段; 深孔; 一基多孔; 封孔护壁技术; 设备配置; 钻孔结构

[中图分类号] P618.32; P624; P621 [文献标识码] A [文章编号] 1000-5943(2024)02-192-10

1 引言

近年来, 随着矿产勘查不断深入, 深孔钻探难度越来越大, 导致钻探事故频发多发。钻探深度对施工工艺、质量、效益都有重大影响, 随着深度的增加, 钻探难度会大幅增加(杨芳等, 2023; 罗冠平, 2018)。深部钻探通常会遇到多套复杂地层, 既有破碎、疏松、泥页岩等不稳定地层, 也有强研磨性、岩溶和漏失等地层, 给地层预判和钻孔结构设计带来不确定性(翟育峰等, 2023; 刘振新等, 2023)。为稳妥起见, 深部钻探工程一般采取多级孔径设计, 而这种设计使得开孔及上部孔径加大, 这将对钻进效率、管材数量、质量和设备提出更高的要求(陈师逊, 2014; 张正, 2017; 王强等, 2017)。深部钻进会因地层自然造斜的不断累积而出现严重钻孔弯曲和孔底水平偏移, 钻孔轨迹控制难度

大, 钻孔质量难以达到设计要求(黄虎等, 2020; 程红文等, 2022)。

本文根据贵州松桃锰矿区地质和构造条件, 结合松桃高地超大型锰矿勘探钻进过程中遇到的主要难题, 在现场实践中研究总结出一套有效的解决措施, 提高了钻进效率和成孔率, 对今后类似深孔钻进具有借鉴意义。

2 地质概况

松桃高地锰矿勘查区位于松桃县城南西 260°方向平距约 37 km, 行政区划属松桃县冷水溪镇、乌罗镇管辖。锰矿成矿背景和成矿条件有利, 为隐伏超大型锰矿床(谢小峰等, 2018)。区域构造上位于梵净山穹状背斜东北侧, 以一系列北北东、北东向断裂、褶曲为主要构造格架。主要构造有猴子坳向斜, 区域断层三阳断层、杨立掌断层、木

[收稿日期] 2023-12-07 [修回日期] 2024-04-04

[基金项目] 贵州省科技计划项目“贵州省岩溶地区复杂地层岩心钻探关键技术难题综合研究”(黔科合支撑[2023]一般173); 贵州省地质矿产勘查开发局地质科研项目“贵州省优势矿产资源勘查岩心钻探关键技术难题综合研究”(黔地矿科合[2022]4号); “贵州省锰矿勘查深部钻探技术研究”(黔地矿科合[2019]6号)联合资助

[作者简介] 班金彭(1986—), 男, 高级工程师, 主要从事钻探技术研究和管理工作。E-mail: 973643757@qq.com。

[通讯作者] 沈红钱(1988—), 男, 高级工程师, 主要从事矿产勘查与找矿预测工作。E-mail: 1024583324@qq.com。

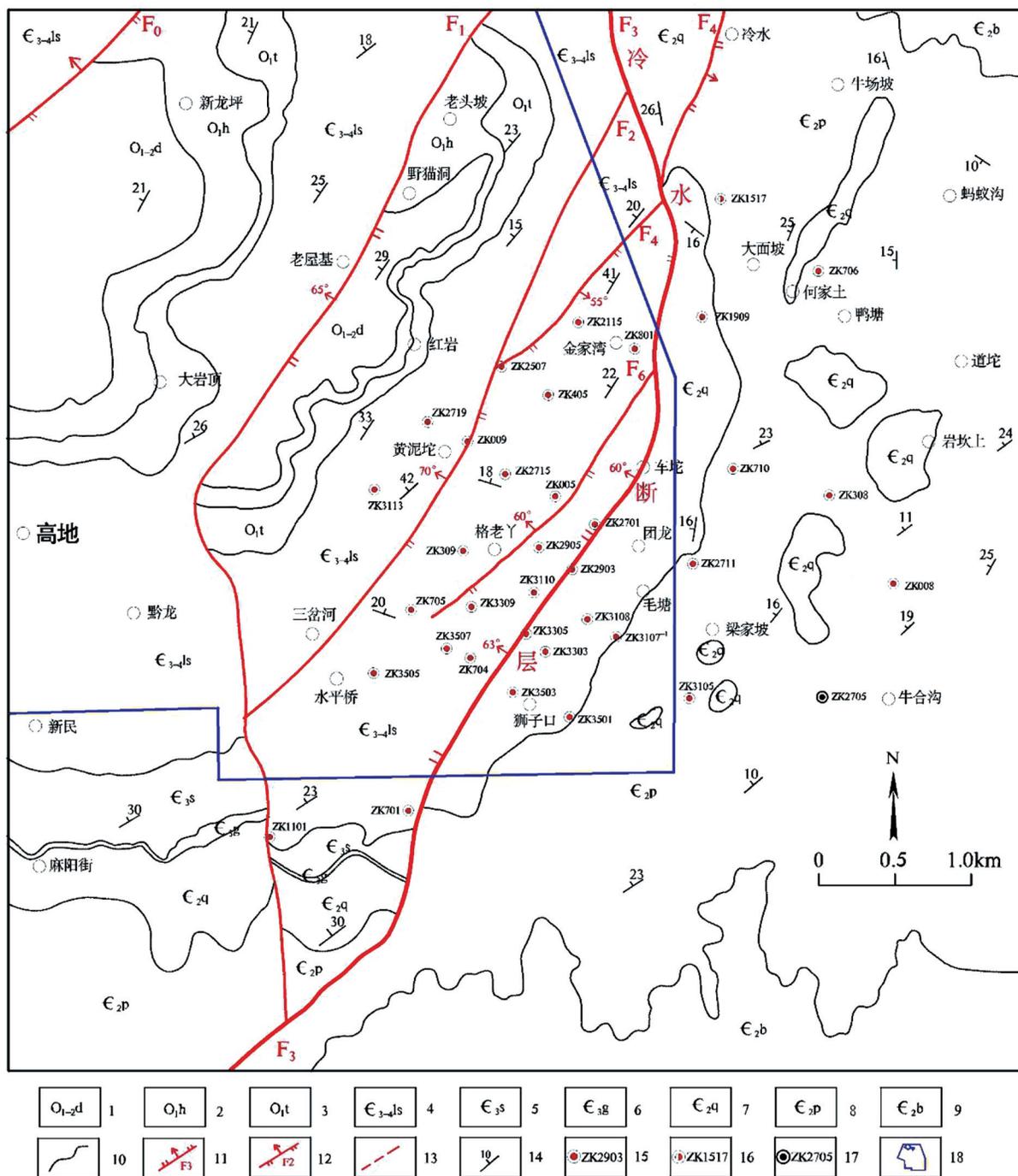


图1 贵州松桃高地锰矿区地质简图

Fig. 1 Geological sketch of Gaodi manganese deposit in Songtao, Guizhou Province

1—大湾组;2—花园组;3—桐梓组;4—娄山关组;5—石冷水组;6—高台组;7—清虚洞组;8—杷榔组;9—变马冲组;10—地质界线;11—正断层;12—逆断层;13—性质不明断层;14—地层产状;15—见矿钻孔及编号;16—见矿化钻孔及编号;17—未见矿钻孔及编号;18—高地锰矿探矿权范围

耳断层及冷水断层等。矿区位于区域性木耳断裂北东侧,梵净山穹状背斜北东部,猴子坳向斜南东翼,主体为单斜岩层,总体倾向北西,倾角一般在16°~26°,平均20°左右(张遂等,2021;沈红钱等,2021)。

高地锰矿勘探项目典型钻孔结构及岩性柱状

图如图2所示,该矿区以南华系中统大塘坡组第一段为目的层,通过实钻资料,目的层上部地层由老至新依次发育大塘坡组第二段、南沱组,震旦系陡山沱组、留茶坡组,寒武系牛蹄塘组、九门冲组、变马冲组、杷榔组、清虚洞组、高台组、石冷水组、娄山关组,奥陶系桐梓组、红花园组、大湾组及第四系。

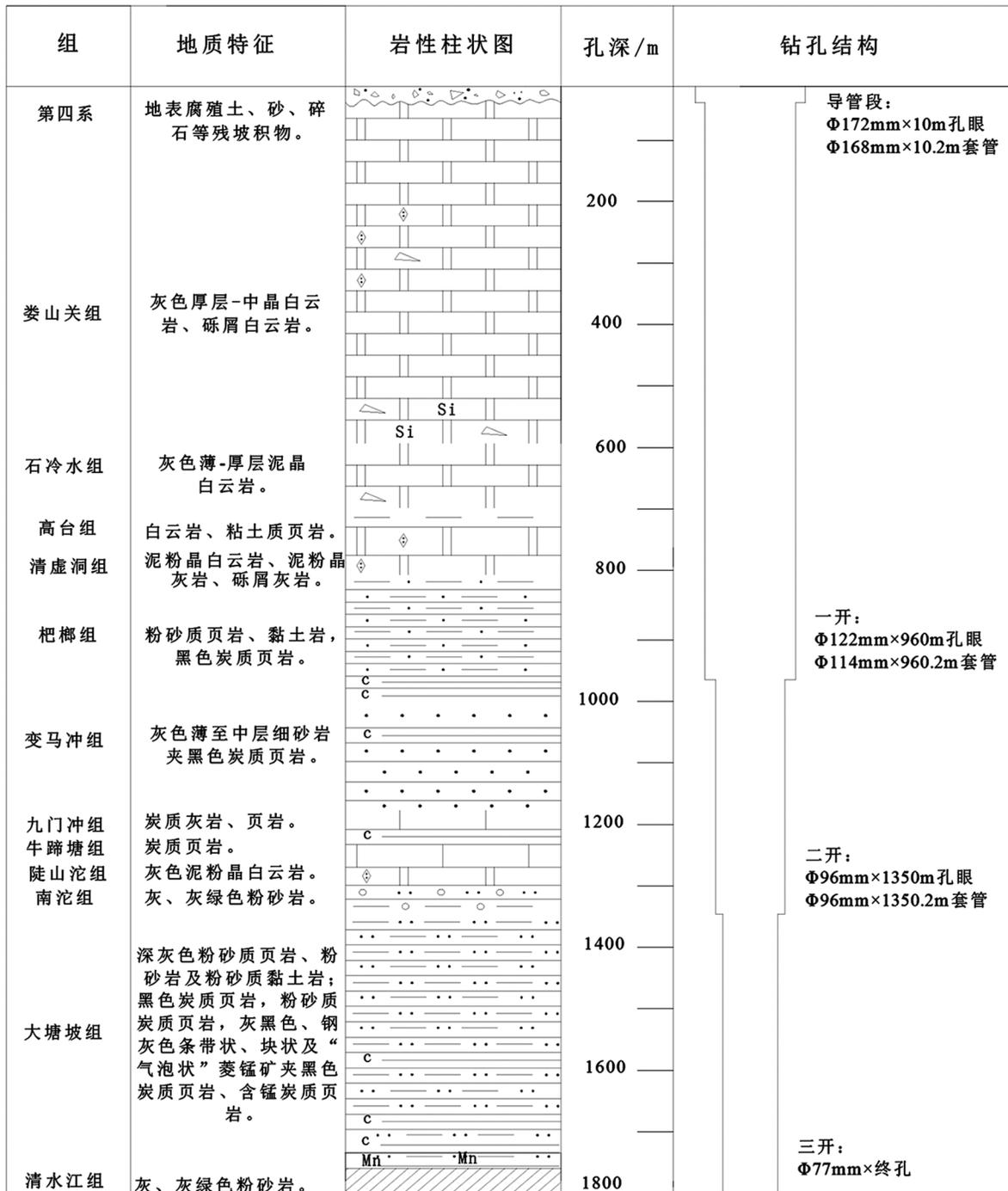


图2 高地锰矿区典型钻孔结构及地层岩性柱状图

Fig. 2 Typical borehole structure and stratum lithology column diagram of Gaodi manganese deposit

通过表上图可以看出, 勘查区地层对于钻探施工的影响主要有三个方面: 一是节理裂隙发育, 钻井液漏失严重; 二是泥页岩层非常厚, 孔壁容易吸水膨胀垮塌; 三是软与硬、完整与破碎互层频繁, 极易发生偏斜。勘查区地层特性充分显示了该地区的钻进施工难度大, 必须充分结合地质特点采取相对应的技术措施, 方能取得好的钻进效果。

3 深孔钻探技术难点

3.1 场地选择受限程度高

勘查区地形起伏较大, 大体呈南高北低, 西高东低, 最高为矿区中部大岩顶, 海拔标高 1 310. 83 m, 最低为北边余家, 海拔标高 686. 50 m, 相对高差

624.33 m,植被发育,森林覆盖。该项目位于陡坡上的孔深在都在1750 m以上,选用XY-6、XY-8钻机,设备大且材料多,对机场和便道要求高。孔位主要位于荒地、山林,部分钻孔位于陡坡之上、林木茂密,修建便道和机场对植被破坏性较大,很难得到环保部门的批准;甚至个别钻孔位于高压线附近,而锰矿勘探阶段对于钻孔偏离勘探线有十分严格的规定,因此孔位选择受到很大的限制。总体而言搬迁便道和机场的修建难度大、工作量大、成本高。

3.2 白云岩破碎地层易卡钻

白云岩常混入石英、长石、方解石和粘土矿物,性脆,硬度大。受外力作用后容易出现不规则碎块,在钻进工作过程中潜在的风险较大。从图



2可以看出高地锰矿勘查区上部娄山关组、石冷水组、高台组、清虚洞组的主要岩石为白云岩,尤其是娄山关组白云岩夹杂硅质团块、碎屑颗粒,容易出现掉块卡钻。另外,目前主流钻杆都是带接头的,而钻杆接头外径要比钻杆中部外径大3 mm左右,这就给掉块卡钻提供了较大的可能。

3.3 巨厚泥页岩层易埋钻

泥页岩经过水溶液浸泡,会因水化作用而膨胀,造成抗压强度、黏聚力、岩石强度及孔壁稳定性下降,进而引起孔壁失稳问题。从图2可以看出勘查区变马冲组、九门冲组、牛蹄塘组、老堡组皆为泥岩、碳质泥岩,而且结构较为松散、破碎,实物如图3所示。在钻进过程中遇水、机械扰动就会崩塌埋钻,成孔难度极大。



图3 高地锰矿区泥页岩岩心照片

Fig. 3 Picture of shale core in Gaodi manganese mining area

3.4 钻孔易偏斜

随着勘探程度深入,钻孔分布网格致密,对深孔钻探技术的要求越来越高,其中最为明显的一个技术要求就是孔斜。在深孔钻探中即使较小的孔斜角,经过逐渐累加,最终也能产生较大的水平偏移,甚至超出勘探网格线,严重降低该钻孔在储量估算中的作用,甚至成为废孔。孔斜不但造成钻孔质量不能满足要求,对管材也会造成严重的磨损,对钻进和提升设备提出更高的要求,在钻进过程中容易产生事故,甚至造成钻孔报废。因此,防斜纠斜技术成为深孔钻探技术中最为关键的部分。

3.5 钻井液循环困难

深孔钻探钻井液循环困难主要表现在三个方面:一是泥浆泵泵压很高,经常出现泥浆泵部件损

坏,发动机负荷大导致熄火,高压管损坏等,导致地表设备无法正常工作;二是钻遇地层多,在破碎、裂隙、溶洞等地层导致钻井液大量漏失,无法建立正常循环;三是孔底含沙量太大,造成重复研磨,无法有效携带并排除,随时可能出现埋钻。深孔钻探对钻井液要求很高,正常的循环是顺利钻进的最基本保障,而深孔钻探受多种因素的影响,钻孔越深,保障正常循环的难度越大,是深孔钻探必须解决的重大技术难题。

3.6 钻杆易脱落

深孔钻探施工经常出现钻杆脱落现象,主要表现为钻杆断裂脱落和脱扣脱落。根据脱落事故原因进行分析,主要因钻杆质量不好或者钻杆使用过一段时间,在深孔钻进中因其承受重力荷载较大,孔内运动形式复杂,容易造成脱落事故,给钻进带来极大的安全隐患。

3.7 套管起拔困难

在深孔或者复杂地层进行钻探施工,套管无法起拔是最常见和最难处理的难题。根据多年的钻探实践,某些钻孔丢失套管数量较大,目前大多数施工单位直接使用绳索钻杆做套管,造成损失更大。

4 技术对策分析研究

4.1 一基多孔布孔技术

4.1.1 布孔原理

勘查区 29 号勘探线上的 ZK2901 和 ZK2903 孔,设计孔深为 1 780 m、1 760 m,选用 XY-8 (3000 型) 钻机,设备大,管材多。两个钻孔处于灌木发育的石头山上,土层不均匀覆盖且很薄,植被破坏后恢复难度较大,时间长,且修建便道和机场平整费用较高。综合成本与绿色勘查要求,最终选用“一基两孔”的布孔方式进行布孔(如图 4 所示),解决该勘探线钻孔选址困难的问题。

4.1.2 施工技术要点

采用“一基两孔”布置钻孔时,可以选择“直孔+斜直孔”或者“斜直孔+斜直孔”两种模式,该项目 ZK2901 和 ZK2903 孔由于受地表条件限制十分严重,只能选择“斜直孔+斜直孔”的布孔模式。



图 4 高地锰矿“一基两孔”布置实物图

Fig. 4 The picture of ‘One base and two holes’ arrangement in Gaodi manganese ore

(1)做好钻孔轨迹设计:该项目勘探网距是 200 × 300 m,根据地质设计要求,钻孔终孔落点位置不得超出勘探网距的四分之一,即垂直勘探线方向不超过 50 m,沿勘探线方向不超过 75 m。根据 ZK2901 和 ZK2903 孔原孔位和实际孔位的距离、方位,结合钻孔自然造斜规律及落点允许误差范围,准确计算钻孔开孔顶角和方位角,设计出合理的钻孔轨迹。设计钻孔轨迹和实钻轨迹平面图如图 5 所示。

(2)加强孔斜跟踪:随时掌握钻孔轨迹落点位置并加以控制是成功达到设计靶区的关键技术,

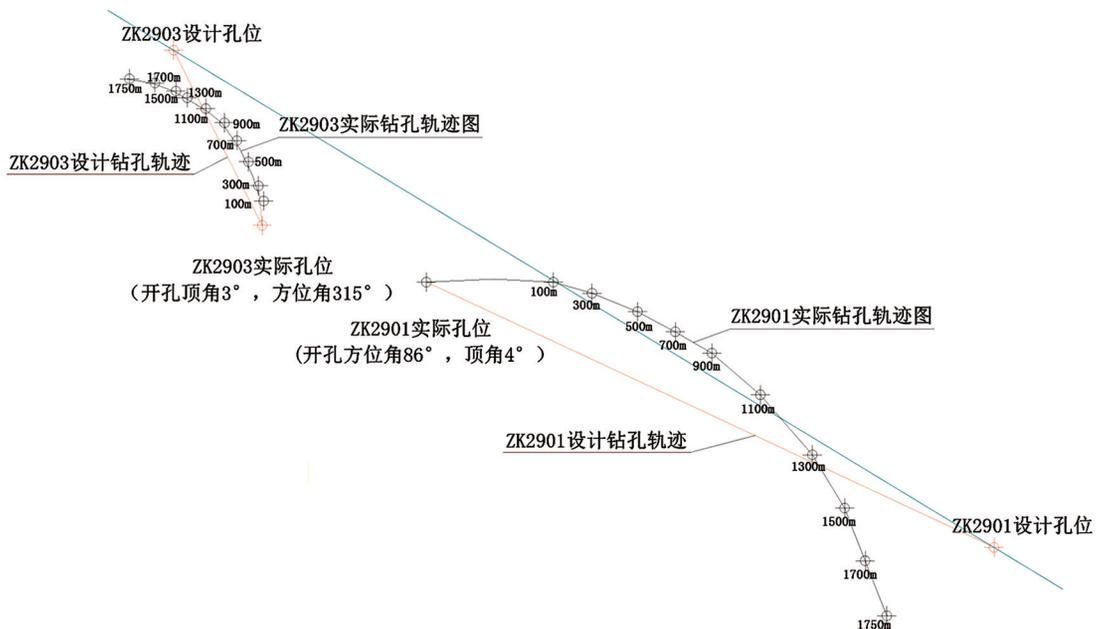


图 5 “一基两孔”钻孔轨迹平面投影图

Fig. 5 The Plane projection borehole trajectory of ‘One base and two holes’

以往的地质勘探钻孔,采用罗盘测斜进行测斜,所得数据受金属和地磁场的影响而严重失真,钻孔方位角也极其不准确,导致钻孔轨迹所处空间位置无法准确的展示,误差较大。本项目经过调研后引进不被金属和地磁场影响的陀螺测斜仪,能够在钻杆内进行孔斜测量,不仅数据准确而且方便、安全,为后续加强孔斜测量跟踪提供了可能,是“一基两孔”设想得到实现的重要技术保障(王洪涛等,2016;马秀春,2019;刘小沛等,2013)。

(3)及时纠正孔斜偏差:该内容在4.4节详细阐述,此处不再详述。

4.2 防掉块水泥封孔护壁技术

本项目由于钻孔较深,一旦出现卡钻处理难度极大,因此主要是预防为主,本文重点介绍应用效果较理想的水泥封孔护壁技术。以往水泥封孔,常出现封不到目的层位,水泥凝固埋钻等封孔失败情况,给施工人员带来较大的困惑。经过理论研究和多个钻孔的应用实践(张丰琰等,2022;何冠羲等,2023),最终形成一套有效的水泥封孔护壁技术。

4.2.1 水泥浆配置

水泥浆配置是封孔护壁的一项重要工作内容,配置的质量关系到后期水泥浆硬化后的效果,根据多年多项目的经验总结,配置好水泥浆需要做好以下几点:

(1)确保水泥质量:水泥质量是影响封孔质量的一个重要因素,在地表能够直观的进行检查,因此必须引起重视并消除造成水泥变质的因素。

①因机台防潮条件和意识不足,封孔前不能提前备水泥,必须搅拌当天现备水泥,才能保证水泥的质量。

②购买水泥时一定要检查水泥的生产日期和保质期现,确保不买到过期产品。

③搅拌时一定要仔细检查每包水泥的状态,遇潮变硬的坚决不用。

④购买大品牌质量过硬的水泥。

(2)用清水搅拌:水泥浆凝固的好坏受较多因素影响,如含泥太重,泥浆材料等都会造成水泥浆凝固时间延长甚至无法凝固,因此在搅拌水泥时一定要使用清水,消除杂质对水泥浆的污染,保证凝固效果。

(3)控制好水灰比:水泥封孔水灰比是一个重

要的控制参数,其能够影响水泥浆的流动性、凝聚结构、硬化后的密实度等,意义重大。目前很多岩心钻探施工人员对水灰比的认识不到位,凭借肉眼判断水泥浆的浓稠程度,现场缺乏合适的测量工具,用水量随意性大,常造成封孔效果不理想,因此做好水与水泥的量化配比工作是取得良好封孔效果的重要保障。

(4)合理使用添加剂:常用添加剂主要有促凝剂、水下混凝土抗分散絮凝剂。促凝剂主要解决水泥浆在孔内凝固时间长的问题,水下混凝土抗分散絮凝剂主要用于解决水泥浆在孔内出现不连续、空洞等问题,保证封固段水泥浆含量。

(5)搅拌均匀:岩心钻探现场比较简易,常见部分人员采用人工搅拌,存在搅拌不均匀现象,因此必须提高现场操作人员的思想意识,配备并规范搅拌使用搅拌器,按流程搅拌均匀。

4.2.2 顶替水用量计算

顶替水的用量直接决定水泥浆是否达到指定位置,是水泥封孔成败的关键(饶志华等,2023;陈荣耀等,2022)。在计算顶替水用量是需要考虑的因素有水位高度、地层漏失情况、压水期间水泥浆自重下行的距离等因素。详细情况见公式:

$$V_{顶} = \pi r^2 (H_1 - H_2 - H_3 - H_4) \quad (1)$$

$$H_3 = V_{灌} / \pi r^2 \quad (2)$$

$$H_4 = H_3 * (\rho_{水泥浆} / \rho_{水} - 1) \quad (3)$$

式中, $V_{顶}$ 为顶替水用量, m^3 ;r为使用注浆管内径,m; H_1 为注浆管长度,m; H_2 为水位高度,m; H_3 为水泥浆在管内的液柱长度,m; H_4 为水泥浆自重下行相对高度,m;是指因水泥浆密度高于水密度,当水泥浆注入管内后靠自重向下移动,当管内外压力达到平衡时向下移动停止,此时管内外液面的相对高度。

4.2.3 下水泥浆重点注意事项

(1)封水泥前一定要做好各项准备工作,一旦开始就不能长时间停待,以防水泥浆凝固造成事故。

(2)封水泥前一定要了解封孔段长度、孔内情况复杂程度,严格测好水位高度、封水泥钻杆内径,水泥浆液柱长度、水泥浆自重下行相对高度、计算好顶替水用量。

(3)搅拌水泥前一定先要活动钻具,确保没有被卡、被埋。

(4)灌注后一定要用足量的顶替水压到孔内,

否则水泥无法到达指定位置。

(5) 顶替水压完以后立刻起钻,不用等待,起钻过程中速度一定要慢,速度快会导致管外的水无法及时排出,最终与水泥浆混合,稀释浆液,导致凝固效果不好,或者柱状程度连续性较差。

4.3 垮塌埋钻防护技术

本项目有两段泥页岩经常出现缩径、垮塌,经过多种技术措施的尝试,最终采取下套管护壁这种最为稳妥、安全的传统办法(罗显梁等,2022)。大塘坡段泥页岩结构致密,硬度高,短时间内不出现缩径、垮塌现象,主要采用页岩抑制钻井液进行防塌护壁。

4.3.1 钻孔结构优化设计

勘查区第一段易垮塌地层为杷榔组、变马冲组的巨厚层泥页岩,厚度普遍在 100 m 以上;第二段易垮塌地层为牛蹄塘组和陡山沱组的页岩、白云岩,厚度在 60 m 左右,如图 2 所示,地层松软,易垮塌,是该项目最难以处理的孔段,必须采取下套管护壁方能保证后续安全钻进。目前常采用的绳索取心钻杆为 $\Phi 114$ mm、 $\Phi 89$ mm、 $\Phi 71$ mm,根据终孔口径 ≤ 76 mm 的要求,在变马冲组底部必须下 $\Phi 114$ mm 钻杆护壁,在陡山沱组下 $\Phi 89$ mm 钻杆护壁,最后采用 $\Phi 77$ mm 口径钻至终孔。经过多个钻孔实践验证,必须根据勘查区钻进最难处理的地层以及采用的处理措施来优化钻孔结构并克服中途小困难达到设计层位,方能保证后期施工安全、顺利、高效,一鼓作气完成钻进施工。

4.3.2 防塌钻井液护壁技术

该项目大塘坡段为泥页岩,厚度 300 ~ 400 m,地层结构致密,硬度较高,短时间内不易出现缩径、垮塌,但也有个别出现缩径导致泵压过高,微卡钻等情况(张云等,2022)。根据泥页岩吸水膨胀缩径垮塌的特性,必须采取一定的防护措施,结合地层情况,剩余孔深、钻进时间等条件采取页岩抑制防塌钻井液护壁最为经济合理。该项目采用较为有效的钻井液配方为:(4 ~ 5)%膨润土+(0.2 ~ 0.3)%高黏羧甲基纤维素钠盐 HV-CMC+(2 ~ 3)%降黏降滤失剂 SD-202+(1 ~ 1.5)%降滤失剂磺酸盐共聚物+(1.5 ~ 2)%聚丙烯酰胺钾盐 K-PAM(钟汉毅等,2016;王方博,2021)。

4.4 多措并举防孔斜

深孔钻进通常遇到多套复杂地层,上部很小的偏斜经过不断累积,最终能够造成较大的弯曲和偏斜,因此必须采取措施加以控制。

4.4.1 大口径钻具防斜

大口径钻具防斜原理:钻具防斜效果与钻具长度成反相关关系,钻具越短防斜越好,反之越差;与钻杆外径、壁厚成正相关关系,外径越大,壁厚越厚,钻具强度越大,防斜效果越好(孙晓波,2020;韩明耀等,2019)。钻杆的强度用 EI 表示,E 是钻杆材料的弹性模量,与材质有关,E 越大钻具强度越高;I 是钻杆的惯性矩,与钻杆外径和壁厚相关,惯性矩越大钻具的强度越高,钻具的惯性矩可用以下公式求出:

$$I = \pi(D^2 - d^2)/64 \quad (4)$$

式中,I 为惯性矩,mm⁴;D 为钻杆外径,mm;d 为钻杆内径,mm。

由公式(4)可知,钻杆惯性矩随直径和壁厚的增加快速增大,强度提高。因此,在进行钻孔结构设计时,上部地层尽可能选择大口径。当钻进深度较深不得已换较小口径时,上部孔斜基数小,下部产生孔斜造成的影响较小,偏斜距离有限。

4.4.2 增加扩孔器

除正常配置的双扩孔器外,在第 1 ~ 2 根钻杆上端加扩孔器,减小钻具靠边,提高防斜能力(黄忠高等,2015)。

4.4.3 液动冲击钻具防斜

冲击回转钻进具有良好的防斜效果。常用绳索取心液动潜孔锤钻进硬岩,且具有防堵塞和防斜保直的效果,本项目地层中基本没有硬岩层段,主要发挥该钻具的防堵塞和防斜保直作用,实践证明,效果很理想。(潘垚,2018)。

4.4.4 纠斜措施

(1) 上扩孔器降顶角:目前深孔绳索取心钻具都具有上下两个甚至三个扩孔器,且扩孔器外径比钻头外径大,具有满眼防斜功能,但钻孔受地层自然造斜的影响,钻孔偏斜无法避免。采用上扩孔器进行纠斜在深孔钻进中较为经济且便于操作,利于推广,其原理为:采用与孔径相当的扩孔器正常钻进,因扩孔器的支撑导致钻头处因重力作用而贴近孔壁下边缘,产生一个向心力,遏制钻孔上漂的趋势,逐渐迫使钻孔趋于垂直,其受力图见图 6。

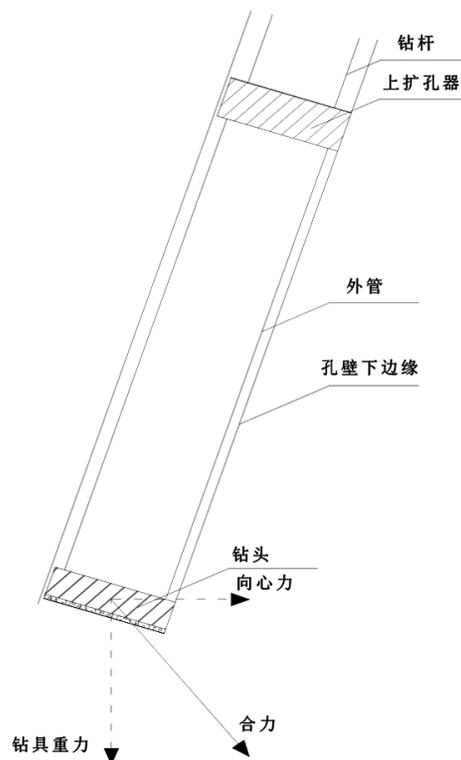


图6 上扩孔器纠斜原理示意图

Fig. 6 Schematic diagram of the inclination correction principle of the upper reamer

(2) 正反交替钻进:使用反转能够纠正钻孔方位角,是一个比较实用的方法。目前较为常用的 $\Phi 89$ mm和 $\Phi 50$ mm反丝钻杆,能够与常用绳索取心系列钻具使用,既经济又实用。具体操作为:当 $\Phi 122$ mm口径方位角变为发生较大变化时,及时采用包焊有 $\Phi 122$ mm金刚石钻头的 $\Phi 95$ mm反丝钻具扫孔钻进,反向钻进一段距离,纠方位效果良好,剩余其他口径可以采用 $\Phi 50$ mm反丝钻具按上述操作实现。

4.5 钻井液循环困难解决技术

深孔钻探钻井液循环困难主要表现在泥浆泵泵压高,导致设备部件损坏,无法正常工作,本项目主要采取以下三个措施进行解决。

4.5.1 优化钻井液性能

钻井液浓度、固相含量、粘度过大等都会造成泥浆泵泵压过高,通过不断检测钻井液参数并调整钻井液配方,增加循环槽长度、固控措施及更换钻井液等措施优化钻井液性能,达到控制泵压的目的(胡德高,2022)。

4.5.2 选择合适钻头外径

钻孔环空尺寸也是影响泵压大小的一个重要因素,环空间隙越大,泵压越小,因此在深孔钻进

时合理增大环空间隙能够有效降低泵压。泵压随孔深增加比较明显,由其是最后一个口径施工经常出现十几个兆帕的压力,造成地面设备无法工作。后续通过增大钻头外径(常规NQ钻头外径为75 mm)到77 mm的形式增大钻杆与孔壁的环空间隙,取得了较好的降压效果。

4.5.3 设备优化配置

目前配置的泥浆泵多为BW250/6和BW320/12型泥浆泵和1115、L28型柴油机,该类型泥浆泵能够承受的泵压多为12兆帕,当泵压接近11兆帕后几乎无法工作。为了解决这个问题,经过研究分析后采用BW-300/16型高压泥浆泵+4108型柴油机+四层钢丝高压管+高压重型水龙头组合,取得了较好的使用效果。

4.6 选用直连优质新钻杆

带接手的钻杆在深孔钻进中容易出现掉块卡钻且不易处理,处理过程容易出现脱落,因此深孔钻进要选用优质深孔加厚直连钻杆,方能承受足够的载荷,不易出现脱落事故。

4.7 套管被埋处理技术

深孔钻探套管被埋主要由卡钻和埋钻引起,

具体采取在套管外涂抹润滑剂、振动解卡、割管等处理措施(裴森龙等,2021;宋世杰等,2016)。

4.7.1 涂抹润滑剂

目前主要采用的润滑剂有聚丙烯酰胺溶解液、黄油、固体润滑剂二硫化钼等,其中二硫化钼钻杆或者套管外壁的附着性能最好,不易被擦掉、冲掉,使用效果最好。

4.7.2 钻杆割管技术

埋钻事故是深部岩心钻探最难处理的事故,传统的强拉、强顶、强扭、反丝钻杆反取等处理方式,处理成功率均极低,且程序繁琐,耗时、耗力、耗成本。通过对垮塌地层的分析研究,在合适的层位进行切割,可以大大提高处理效率(刘海全等,2022)。

5 结论

(1)“一基多孔”布孔和施工技术在勘探阶段深孔钻探中有较大的优势,不仅能够解决现场条件恶劣无法布孔的难题,同时也能大量节约土地开挖造成的破坏,可以实现绿色勘查。

(2)水泥封孔护壁技术需要考虑的因素较多,统筹做好每个环节,方能取得较好的效果。

(3)钻孔设计必须结合地层情况深入分析,做到结构合理,依据充分,钻进过程中出现小的困难时必须克服,不能提前换径,改变钻孔结构,否则后续处理难度极大,甚至报废。

(4)深部钻探钻孔质量控制显得十分重要,小的偏斜不断积累后到达孔底能够造成较大的偏移,水平位移甚至超出勘探网格,因此防斜和纠偏必须贯穿于施工的全过程。

【参考文献】

陈荣耀,宋建建,武中涛,等.2022.耐高温高密度防腐固井水泥浆[J].钻井液与完井液,39(5):601-607.

陈师逊,杨芳.2014.深部钻探复合钻杆的研究与应用[J].地质与勘探,50(2):772-776.

程红文,朱恒银,刘兵.2022.南岭科学钻探 NLS-D-1 孔防斜及纠斜技术[J].钻探工程,49(3):109-117.

韩明耀,柳硕林,王朝晖,等.2019.河南省板厂矿区小直径螺杆定向纠斜技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),46(3):36-41.

何冠羲,姜洪斌,梁悦,等.2023.表面活性剂提高页岩气井固井水泥浆的抗污染性能评价[J].油田化学,40(1):32-38.

胡德高,孙伟.2022.钻井液用深层泥页岩有机硅聚合物抑制剂研

究[J].矿产勘查,13(9):1358-1363.

黄虎,董保华,潘玮,等.2020.钻孔偏斜原因及纠斜处理措施浅析[J].西部探矿工程,(7):32-36.

黄忠高,李志强,潘海迪,等.2015.江西省浮梁县朱溪矿区 ZK5407 深孔螺杆定向纠斜施工工艺[J].探矿工程(岩土钻掘工程),42(8):43-48.

刘海全,王磊,胡东,等.2022.井下高承压大流量奥灰长观孔套管断裂处理技术[J].煤炭科技,43(4):142-146.

刘小沛,徐力生,牛素甫.2013.秘鲁 Conymecar 铜矿区 45°斜孔施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),40(11):15-18.

刘振新,翟育峰,赵辉,等.2023.川西甲基卡锂矿 3 000 m 科学深钻施工技术[J].钻探工程,50(4):41-48.

罗冠平.2018.绳索取心钻进工艺在盐矿深部钻探中的应用研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),45(6):8-13.

罗显梁,徐正宣,吴金生,等.2022.川藏铁路千米级水平孔绳索取心钻进技术与应用[J].地质与勘探,58(3):665-675.

马秀春.2019.黑龙江嫩江县银多金属矿 45°斜孔钻探施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),46(8):61-66.

潘焱.2018.山东黄金西岭勘查区深部勘探孔钻探防斜与纠斜措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),45(3):37-41.

裴森龙,李博,李高,等.2021.导向母锥在水文地质钻孔断钻杆事故处理中的应用[J].矿产勘查,12(5):1216-1220.

饶志华,王学春,邓成辉,等.2023.低密度弹性固井水泥浆体系研究[J].云南化工,50(4):31-33.

沈红钱,张遂,曾飞,等.2021.华南南华纪武陵锰矿成矿带松桃李家湾-高地-道坨地堑盆地研究新进展和潜力预测[J].贵州地质,38(2):129-138.

宋世杰,田志超,葛晓华,等.2016.公锥在环空间隙较大孔内处理断钻杆事故的应用[J].地质装备,17(6):42-44.

孙晓波.2020.防斜纠斜技术在邑深 1 井的应用[J].石油地质与工程,34(5):102-105.

王方博.2021.川西海相破碎地层防塌钻井液技术研究及应用[J].钻探工程,48(9):55-64.

王洪涛,罗伟,焦卫兵,等.2016.厄立特里亚 Zara 金矿大角度斜孔钻探施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),43(6):7-12.

王强,朱恒银,杨凯华.2017.深部钻探金刚石钻头设计思路[J].探矿工程(岩土钻掘工程),44(5):84-87.

谢小峰,杨坤光,钱山,等.2018.黔东南松桃地区燕山期构造特征研究—以高地超大型锰矿床为例[J].地质论评,64(3):623-632.

杨芳,张明德,勇军,等.2023.深部钻探绳索取心跨口径钻具的应用研究与拓展[J].钻探工程,50(4):25-31.

翟育峰,赵辉,王鲁朝,等.2023.湘南 3000m 科学深钻孔内事故处理及对策[J].钻探工程,50(4):32-40.

张丰琰,李立鑫,韩丽丽.2022.保温水泥在中低温地热井中的应用及建议[J].地质与勘探,58(2):410-419.

张遂,沈红钱,冯开友,等.2021.关于贵州松桃高地超大型锰矿床冷水犁式断层(F3)再认识[J].贵州地质,38(2):139-145.

张云,高亮,刘现川,等.2022.唐山马头营干热岩 M-1 井钻井工艺技术[J].地质与勘探,58(1):176-186.

张正,朱恒银.2017.深部钻探关键设备选择原则及配置优化

[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),44(9):17-20.
钟汉毅,邱正松,黄维安,等. 2016. PAMAM 树枝状聚合物抑制泥

页岩水化膨和分散特性[J]. 中南大学学报(自然科学版),
47(12):4133-4140.

Research on Difficulties and Countermeasures of Deep-hole Drilling Engineering in Super-large Manganese Mine in Gaodi of Songtao, Guizhou Province

BAN Jin-peng¹, SONG Ji-wei², SHEN Hong-qian³, PENG Kun¹

- (1. No. 115 Geological Party, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Guiyang 551400, Guizhou, China;
2. No. 112 Geological Party, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Anshun 561000, Guizhou, China;
3. No. 103 Geological Party, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Tongren 554300, Guizhou, China)

[**Abstract**] With the deepening of geological and mineral exploration, deep-hole drilling often encounters many sets of complex formations, which require high drilling quality and increase the difficulty of construction. In view of the difficult problems of drilling construction in the exploration stage of the Gaodi Manganese deposit in Songtao county of Guizhou province, through the joint application of 'One-base-two-hole' hole arrangement and construction technology, cement sealing hole wall protection technology, drilling hole structure optimization anti-collapse burying drilling technology, multimeasures anti-deviation technology, drilling fluid circulation difficult treatment technology, drill pipe tripping treatment technology, casing burying drilling treatment technology. A set of deep-hole drilling technology system at exploration stage has been formed, which can be used for reference for similar projects in the future.

[**Key Words**] Exploration stage; Deep hole; One-base multi-hole; Wall sealing technology; Equipment configuration; Drilling structure